



独立した両手動作による両手間干渉の特徴と両手間優位性の違い～両手動作スキルの異なる3群間の比較～

著者	平船 雄三
学位授与機関	Tohoku University
学位授与番号	11301甲第18567号
URL	http://hdl.handle.net/10097/00126166

学 位 論 文 要 約

博士論文題目 独立した両手動作による両手間干渉の特徴と両手間優位性の違い

..... ～両手動作スキルの異なる3群間の比較～

..... 東北大学大学院医学系研究科障害科学 専攻

..... 機能医科学 講座 肢体不自由学 分野

学籍番号 B2MD1006 氏名 平船雄三

人間の手の動作には、大きな箱を引いたり押したりする時の左右対称な動きや、歩行時の腕や足の交互の動き、また靴ひもを結ぶ等に代表されるそれぞれの手を独立して動かす動作がある。独立した両手動作の獲得には、脳梁を介した両手間の感覚情報の交換が重要と言われており、成長とともに半球間を繋ぐ脳梁が完成されると両手対称の動作は徐々に消失していく。

しかし、両手対称の動作が生じる神経機序は成人となっても影響しており、多くの研究が行われている。両手対称的な動作は安定して行えるが、異なる動作を行うと運動制約により不安定な軌跡となり、対称的な動きに近づくことが知られている。この現象は両手間干渉効果 (Bimanual coupling effect) と呼ばれ、両手が異なる動作を行うと不安定な軌跡となり、左右対称的な動きに近づくことが報告されている。

このような両手の動きが混ざり合う両手間干渉は、神経クロストークが原因と考えられている。健常成人の両手間干渉では、両手の実運動のみならず片手の運動イメージのみでも脳梁を介した神経クロストークが生じ、他方の手の軌跡に影響を与えることがわかっている。また、両手間干渉中の神経クロストークは、利き手側の半球から非利き手側の半球へより強く影響し、利き手動作が非利き手動作を優位に干渉することが報告されている。これは、利き手に比べ非利き手は筋力や注意の影響が弱く、軌跡に不安定性をもたらす干渉を受けやすいことが考えられている。

両手動作は、上記のようにお互いに影響を与え合い対称的な動きになりつつも、独立した動きが可能となる過程があり、そのためには長い時間を必要とする場合がある。例えば幼少期から両手を独立して動かす練習を積み重ねているプロのピアノ演奏者は3、4歳からピアノを弾き始め、トップレベルの演奏家になるために20歳までに計1万時間を超える練習をするといわれている。一般的に練習や経験によって習得される能力は運動学習と呼ばれ、その成立には習得された変化が比較的長く持続することが重要と考えられている。ピアニストは、幼少期からの長時間の練習において、通常の健常成人とは異なる干渉を抑制する能力を学習していると考えられる。また、アスリートやダンサー、ミュージシャンなどの運動学習を続けてきたハイパフォーマーと呼ばれる人たちは、実際の動作だけでなく運動イメージ能力も高いといわれている。運動イメージは、スポーツや音楽演奏のパフォーマンスを高める効果的な手段であることが実証されている。しかし、ピアノ演奏者の

演奏に関して、運動イメージ能力と両手動作スキルの関係は、まだ分かっていない。実運動と運動イメージの 2 つの課題で両手間干渉を計測することにより、ピアノ経験者の干渉の抑制がどのように健常成人と異なるのか、また中枢神経系のどのレベルで起こるのか、明らかになる可能性がある。

対照的に、自分の意志で両手を動かすことが阻害されている脳卒中片麻痺者の場合は、両手間の感覚情報を交換する機会が減少し、独立した両手動作の獲得が困難となる可能性がある。特に脳卒中片麻痺者の上肢動作は、麻痺肢に意図せず起こる連合反応と呼ばれる現象が起こり、片麻痺者は独立した両手動作を遂行しようと試みると、麻痺肢は非麻痺肢の動作に影響を受け両手対称的な動きとなり、両手動作に困難を来すと考えられる。しかし、麻痺の程度が異なる片麻痺者による両手間での非対称動作を遂行した場合の両手間干渉の量はまだわかっていない。両手間でも異なった動作を遂行した場合において麻痺の重症度による干渉の違いを知ることとは、両手動作のスキルや学習過程を知ることとなり、麻痺の回復過程に沿った適切な両手動作の練習方法を提供できる可能性がある。

本研究では、両手動作スキルの違いが両手間の干渉量に及ぼす影響を明らかにすることを目的に、健常成人、ピアノ経験者、脳卒中片麻痺者の 3 群を対象として両手間干渉を定量的に測定、比較（解析 1）し、更に両手で描いた図形の形状変化を干渉前後で比較し、左右手の優位性の検討（解析 2）をするとともに、ピアノ経験者と脳卒中片麻痺者の干渉が、それぞれの運動学習の時間や麻痺の程度とどのような関係にあるかを検討（解析 3）した。

解析 1 では、**Bimanual coupling effect** を使用し、実運動と運動イメージの 2 つの課題において円形と直線を両手で同時に描き（運動イメージ課題では片手）、その干渉量が 3 群で異なるのか検討した。干渉後の図形の形状変化が捉えられるよう円形と直線の y 軸方向の直径、および x 軸方向の直径を用いアスペクト比を算出することで、干渉を定量化した。その結果、実運動課題では、3 群とも両手で直線を描いた時に比べ、円形と直線を描いた時の直線のアスペクト比（干渉量）が有意に増大した。運動イメージ課題ではピアノ経験者群で差がなかった。また、干渉量の規模を比べると、実運動課題における脳卒中片麻痺者の非麻痺肢で、他の 2 群に比べ有意に大きくなる傾向であった。

解析 2 では、解析 1 の結果より、脳卒中片麻痺者の両手間の干渉は健常成人とは異なる影響を受けている可能性があったため、両手間の優位性（干渉が生じるための左右上肢の関係）を明らかにする必要があった。その影響を明らかにするために、アスペクト比を算出した直線を描いていた対側の円形の干渉前後の y、x 軸方向距離の距離比を算出し、干渉率との相関関係を求めた。その結果、健常成人は利き手が非利き手に強い影響を与えていたのに対し、脳卒中片麻痺者は麻痺肢が非麻痺肢に強い影響を与えていた。ピアノ経験者群は、利き手と非利き手の違いが認められなかった。

解析 3 では、脳卒中片麻痺者の麻痺の重症度と発症期間、ピアノ経験者のピアノ演奏歴が、両手間干渉に関係しているのかを検討した。その結果、ピアノ経験者の両手間干渉は、演奏歴と関係はなかった。脳卒中片麻痺者の麻痺の重症度は、両手干渉と関係があり麻痺が軽症であるほど干渉は強くなった。

(書式 18) 課程博士

今回、両手動作スキルの異なる 3 群で両手間の干渉量を計測し、更に両手間の優位性を調べ、その結果、3 群それぞれに特徴的な **Bimanual coupling effect** が認められた。また、脳卒中片麻痺群では、両手間干渉と麻痺の重症度との関連性も認められた。これらから、脳卒中片麻痺者においては、麻痺の回復過程に沿った両手動作練習を立案する時の手掛かりとなる可能性があることが示唆された。